

## **Ableitung eines Bergmännischen Risswerks, korreliert aus ALS-, TLS- und RGB-Daten**

**Andreas Gunke, Sven Jany**

K+S KALI GmbH  
MILAN Geoservice GmbH

### **ZUSAMMENFASSUNG:**

*Neben den herkömmlichen Messverfahren etablieren sich das Airborne sowie das Terrestrische Laserscanning in der Vermessung mit steigender Tendenz. Diese Verfahren werden überall dort angewendet, wo komplexe Objekte berührungslos und vollflächig erfasst werden sollen.*

*In diesem Beitrag soll die Ableitung eines Bergmännischen Risswerks mittels korrelierter Daten des terrestrischen Laserscannings sowie des Airborne Laserscannings am Beispiel der Kalihalde Neuhof-Ellers dargestellt werden. Das Unternehmen K+S KALI GmbH ist für die markscheiderische Führung eines Bergmännischen Risswerks nach dem Bundesberggesetz und der Markscheider-Bergverordnung verantwortlich.*

*Die Halde wurde dreidimensional aufgenommen. Die ALS-Daten werden mit den TLS-Daten verknüpft. Eine Kombination von Laseraufnahmen und Fotos ermöglicht es, die Ist-Situation realistisch darzustellen. Das Produkt ist ein 3D-CAD-Modell (DHM).*

## 1 K+S - Historie

Die K+S KALI GmbH ist, ein Unternehmen mit langer Tradition im Kalibergbau sowie mit weltweiter Marktbedeutung. In sechs Bergwerken in Deutschland werden Kali- und Magnesiumrohsalze gewonnen, die dort und an einem ehemaligen Bergwerksstandort zu End- oder Zwischenprodukten weiterverarbeitet werden. Die jährliche Produktionskapazität beträgt derzeit rund 7 Mio. t an Kali- und Magnesiumprodukten. Die K+S KALI GmbH ist der fünftgrößte Kaliproduzent der Welt und in Westeuropa der größte Anbieter.



Abb. 1: Werk Neuhoof-Ellers, Schacht Ellers, Einstrebeschachtgerüst



Abb. 2: Werk Neuhoof-Ellers, Rückstandshalde, Quelle: Google Earth

Das Werk Neuhoof-Ellers gehört zum südlichen Teil des Werra-Fulda Kalirevieres. Die Kaliflöze Hessen und Thüringen stehen dort in einer Teufe von ca. 520 bis ca. 820 m an. Das Werk fördert ca. 4 Mio. Tonnen Rohsalz pro Jahr und ist über zwei Schächte erschlossen. Der Schacht Neuhoof ist Förder- und ausziehender Wetterschacht. Schacht Ellers dient als Seilfahrts- und Materialschacht und ist einziehender Wetterschacht.

## 2 Terrestrisches und Airborne Laserscanning

### 2.1 Airborne Laserscanning

Das Verfahren des Airborne Laserscannings hat sich in den letzten 15 Jahren weltweit einen festen Platz bei der Generierung von digitalen Höhenmodellen (DHM) verschafft. Die Datenmodelle bilden sowie sind Basis für Planungsgrundlagen im Bergbau, der Wasserwirtschaft, des Straßen- und Städtebaues und vielen anderen Bereichen.

Aufgrund der hohen Durchdringungsfähigkeit in Vegetationsbereichen mittels des Airborne Laserscanningverfahrens ist es möglich, zwei separate, aber flächenkonforme Digitale Höhenmodelle zu erzeugen:

- DSM (digital surface model) Oberflächenmodell mit Vegetation und Bebauung

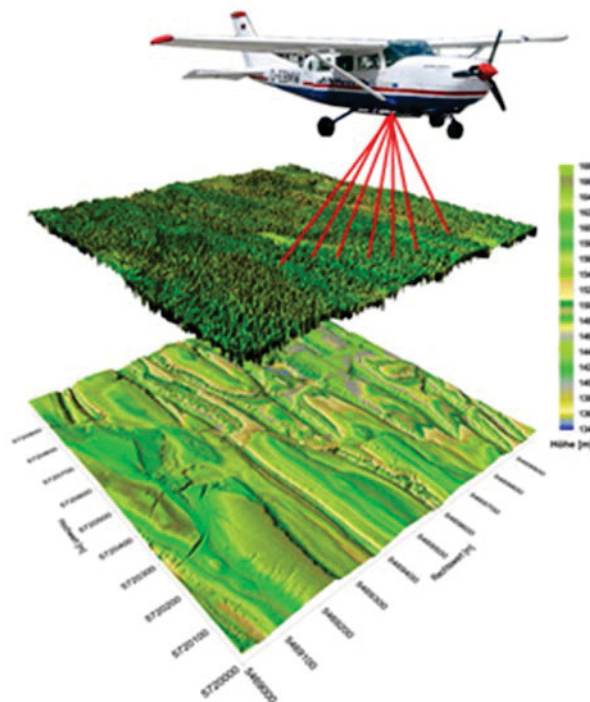


Abb. 3

- DTM (digital terrain model) Bodenmodell ohne Vegetation und Bebauung

Die Laserscannsysteme sind im Flugzeug bzw. Helikopter fest integriert und es werden heute bis zu 300.000 Lasermesswerte pro Sekunde gesendet sowie empfangen. Aus den Lasermesswerten werden in der Regel ein geometrisches Raster mit variabler Rasterweite (0,25 m – 10 m) bzw. klassifizierte 3 D-Rohdaten abgeleitet. Die Klassifizierung der 3 D-Lasermesswerte (X,Y,Z) kann u. a. in Bodenpunkten, Vegetationspunkten und Bebauungspunkten erfolgen.

### **2.1.1 Prinzip- und Funktionsweise Airborne Laserscanning**

Digitale Höhenmodelle, erzeugt mittels dem Airborne Laserscanning, werden heute mit einer Rasterweite bis zu 1 Meter und besser sowie einer Höhenauflösung von 0,01 Meter erstellt. Die Lagegenauigkeit der Höhenmodelle ist (für jeden Rasterpunkt) besser als  $\pm 0,5$  m und die absolute Höhengenaugigkeit (gegenüber dem lokalen Geoid) ist besser als 0,10 m (gültig für 95,7 % bzw. 2 ☐ aller Rasterwerte).

Grundlage sind Laserscanner, die bei hohen Messraten (bis zu 300.000 Hz) eine mittlere Messdichte von etwa 4 Messwerten je  $\text{m}^2$  erlauben. Die hohe Messdichte stellt sicher, dass auch relativ kleinräumige Strukturen wie Entwässerungsgräben, Dämme oder Bruchstrukturen zuverlässig erkannt werden. Darüber hinaus gewährleistet diese Messdichte die sehr genaue Lokalisierung von Bruchkanten oder Gebäudeumrissen. Das übliche Reihenhaus mit  $80 \text{ m}^2$  Grundfläche wird mit ca. 400 Messungen erfasst und im 1-m-Raster mit 80 Höhenwerten beschrieben.

Die Basisverarbeitung der Laserscannerdaten führt zu einem Höhenmodell, das präzise die Geländeoberfläche (Oberkante der Vegetation, Dachhöhen der Häuser etc.) beschreibt; ein derartiges Höhenmodell wird oft auch DSM, Digital Surface Model, genannt. In einem weiteren Arbeitsschritt können höhere Vegetation und auch Gebäude entfernt werden, so dass ein Höhenmodell der Erdoberfläche (DTM, Digital Terrain Model) berechnet wird.

Die hohe Messdichte bzw. die enge Rasterweite der Höhenmodelle gestattet weitergehende Auswertungen wie etwa die Vektorisierung der Gebäude sowie die Extraktion von Strukturelementen wie Gräben, Bruchkanten oder Dämmen.

## **2.2 Terrestrisches Laserscanning**

Das terrestrische Laserscanning ist eine automatische Messtechnologie. Ein Laserscanner führt reflektorlose Entfernungsmessungen automatisch durch. Die möglichen Raumrichtungen werden durch Horizontalrichtung und Zenitwinkel festgelegt. Auf diese Art wird die Scannerumgebung dreidimensional durch eine große Menge an Messpunkten diskretisiert. Es entsteht eine 1:1 Kopie der geometrischen Objektoberfläche, frei von subjektiven Entscheidungen über die Aufnahmepunkte [2].

Die Entfernungsmesselektronik des RIEGL® VZ-400 ist auf eine schnelle Scanaufnahme abgestimmt und hat Reichweiten zwischen 1,5 m und 500 m. Im High Speed Modus mit 300 kHz beträgt die Datenrate 125 000 Punkte pro Sekunde. Die vertikale Ablenkung („Line Scan“) des Laserstrahls wird mit einem Polygonspiegel erreicht. Für hohe Scanraten und/oder einem Vertikalwinkel bis zu  $100^\circ$  führt der Polygonspiegel eine Drehbewegung mit einer einstellbaren Geschwindigkeit aus. Für langsame Scanraten, beziehungsweise kleine Scanwinkel, oszilliert der Spiegel. Beim horizontalen

Scan („Frame Scan“) rotiert die komplette Optik um 360°. Die Daten werden über das TCP/IP Ethernet Interface zum Laptop übertragen.

Die Fotos der hochauflösenden Digitalkamera Nikon© D 300 werden über eine USB-Schnittstelle übertragen. Nachdem ein kompletter Scan durchgeführt wurde, werden von dem gescannten Bereich Fotos gemacht. Dies sind bei einem 360° Scan sieben Bilder, bei Ausschnittscans entsprechend weniger. Somit ist der gesamte Bereich zusätzlich visuell abgedeckt [5].

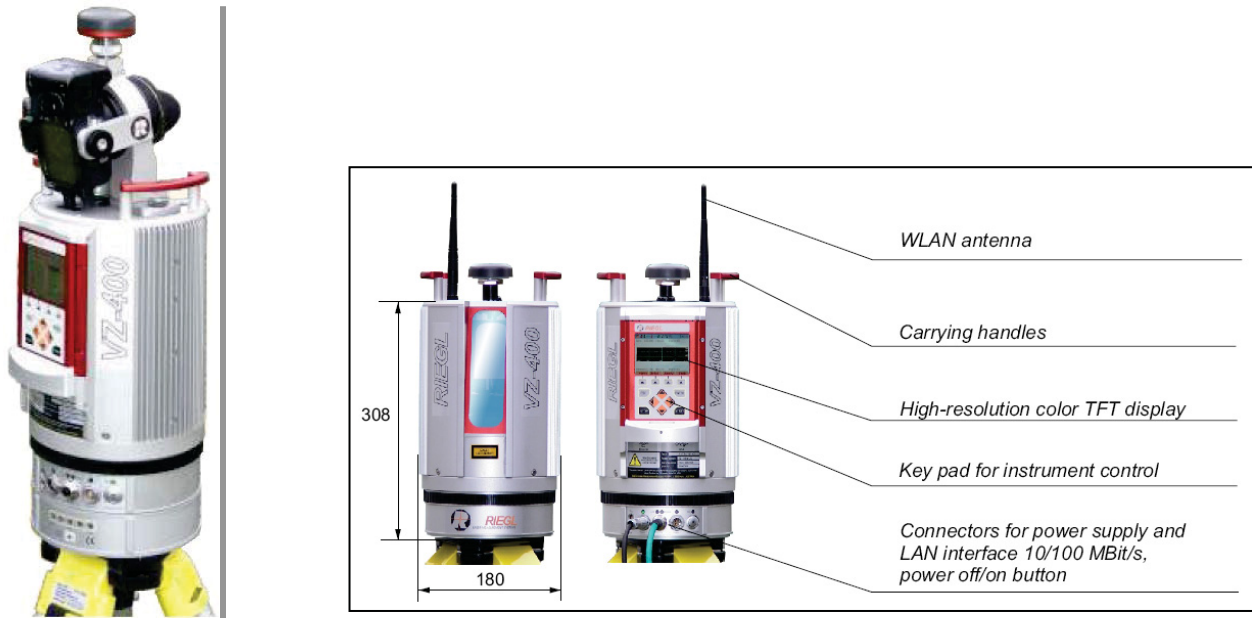


Abb. 4: Komponenten des Scanners VZ-400 [RIEGL®]

Die Distanzmessung erfolgt bei diesem Scanner nach dem bereits erwähnten Impulslaufzeitverfahren. Die Wellenlänge des Lasers liegt im nahen Infrarotbereich. Die maximale Entfernung des Scanobjektes ist abhängig von seinen Reflexionseigenschaften sowie der eingestellten Messmethode (long range oder high speed). Ein weiterer großer Vorteil dieses Scanners ist der mobile Betrieb. Die Stromversorgung kann bis zu 24 V betragen, aber auch mit 12 V kann gearbeitet werden. Das bedeutet, dass er auch mit einem handelsüblichen 12 V Akku, wie er z.B. in Kraftfahrzeugen Verwendung findet, auskommt.

### 3 Erfassung

Die Halde wurde zuletzt im September 2017 und im Februar 2018, mittels Flugzeug und Laserscanner RIEGL LMS Q780 erfasst. Parallel fanden Terrestrische Laserscanningmessungen statt.



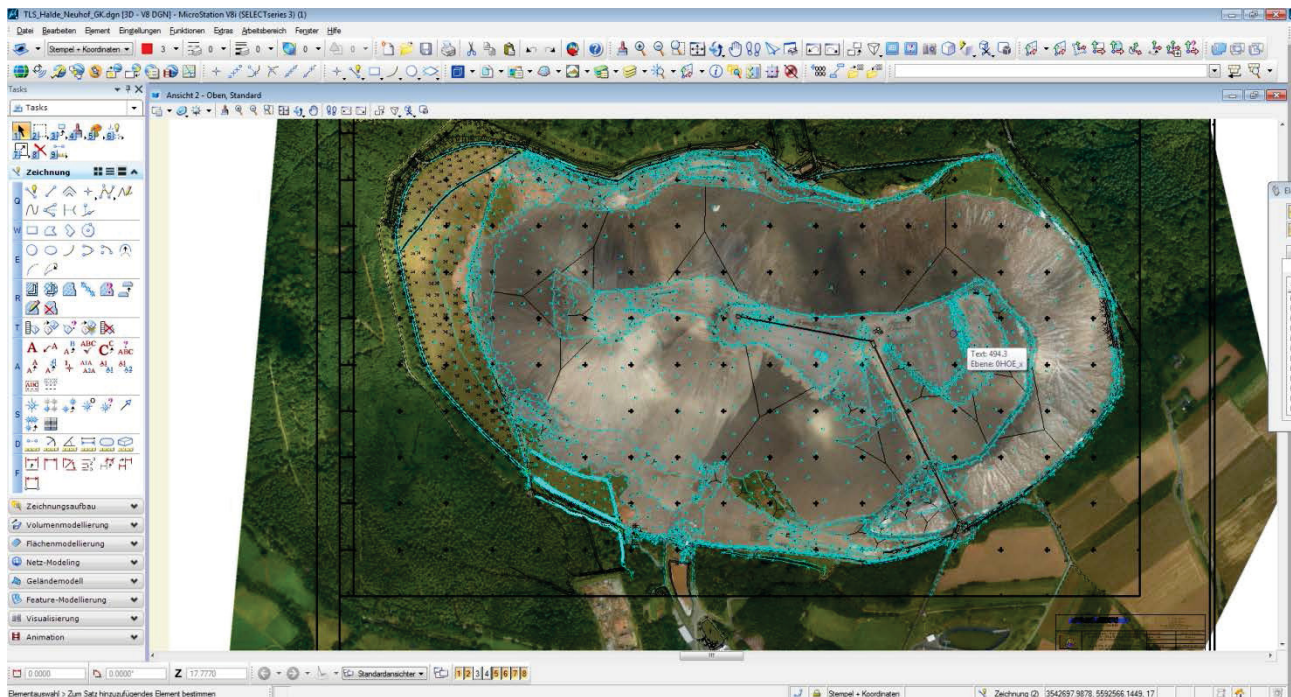
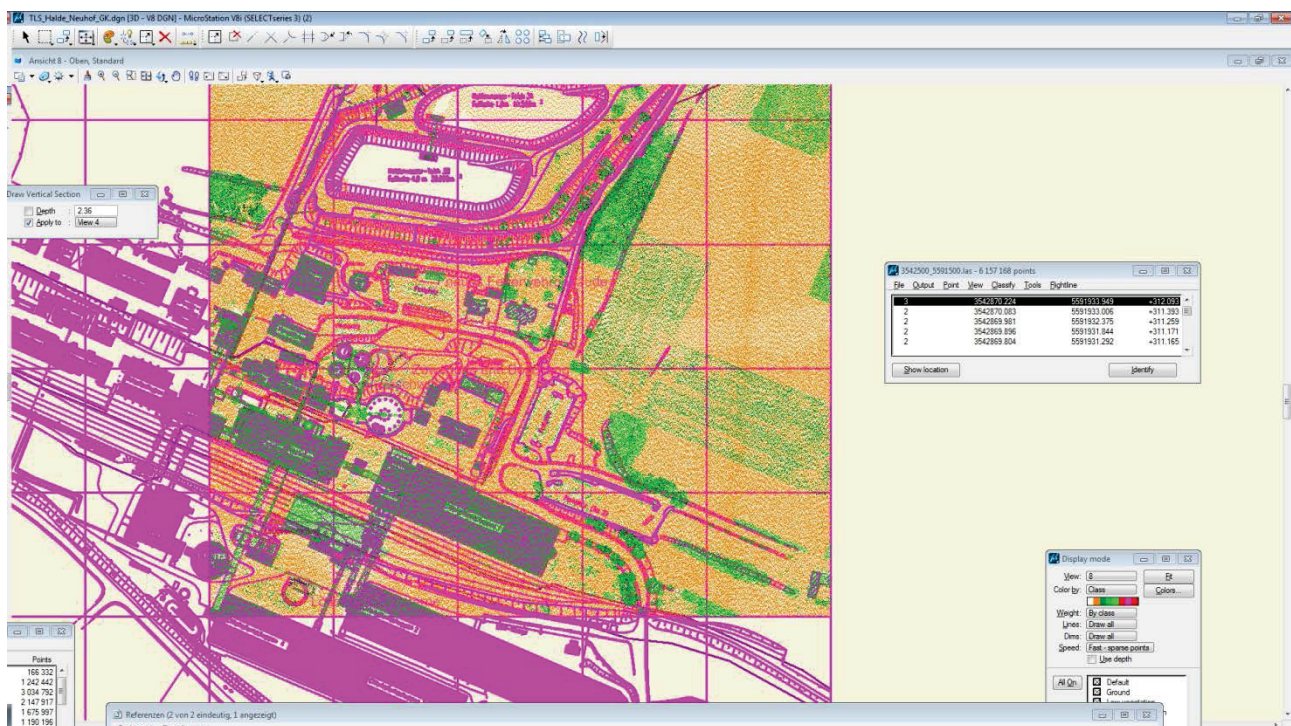


Abb. 5: Rückstandshalde - Bergm. Risswerk aus korrelierten ALS/TLS/RGB Daten





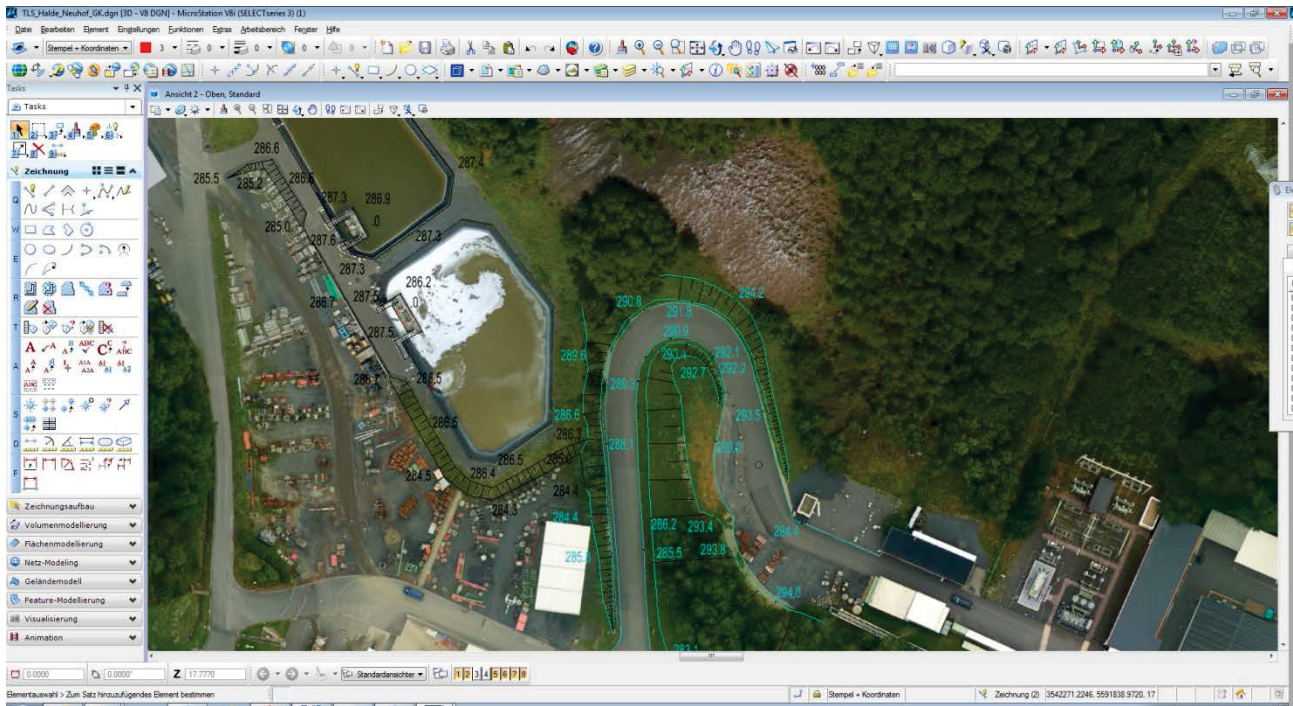


Abb. 6 + 7: Ableitung des Bergm. Risswerks aus Laser- und Bilddaten

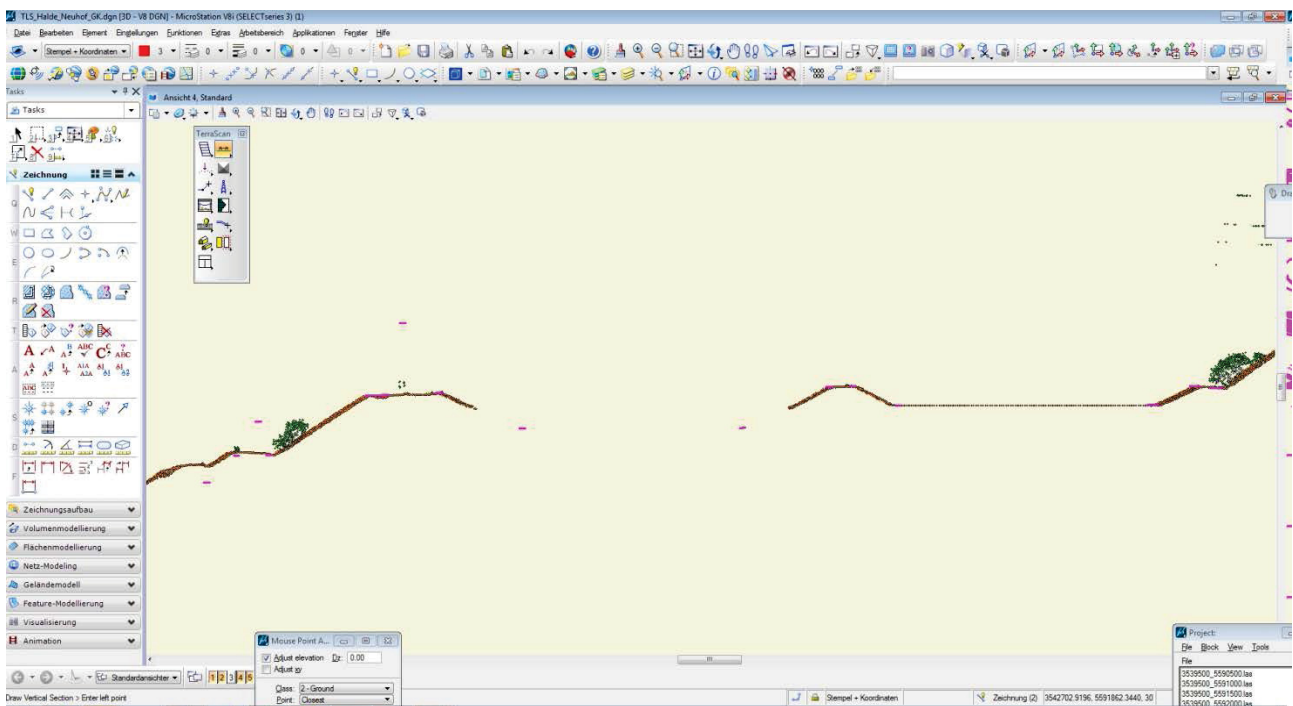


Abb. 8: Profil